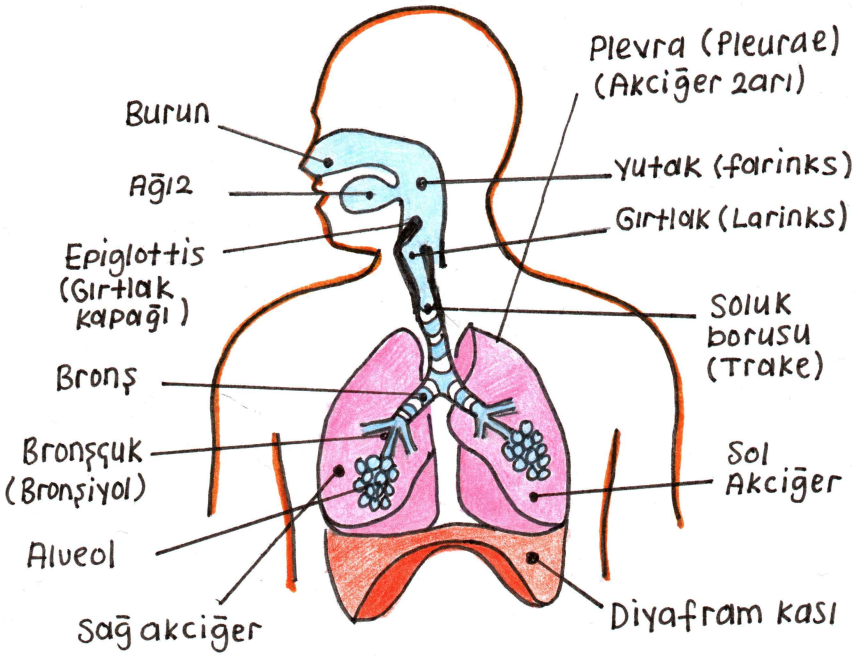
İNSANDA SOLUNUM SİSTEMİ

- Atmosferden oksijenin (O_2) doku hücrelerine alınması ve doku hücrelerinden karbondioksitin (CO_2) atmosfere verilmesi olayına **solunum** denir.
- **Hücresel solunum** ise besinlerin hücre içinde parçalanarak **ATP** enerjisi üretilmesi olayıdır.
- Solunum ve hücresel solunum terimleri birbirinden farklı olup karıştırılmamalıdır.



NOT: Alveollü akciğer, kaslı diyafram ve çekirdeksiz alyuvar **sadece** "memeli canlılara" ait özelliklerdir.

NOT: O_2 ve CO_2'in hücre zarından alışverişi **difüzyon** (pasif taşıma) ile olur. Bu olayda ATP enerjisi kullanılMAZ.

NOT: Gaz alışverişinin gerçekleştiği solunum organlarındaki yüzeyler **nemli**, **geniş** ve **ince** olur.

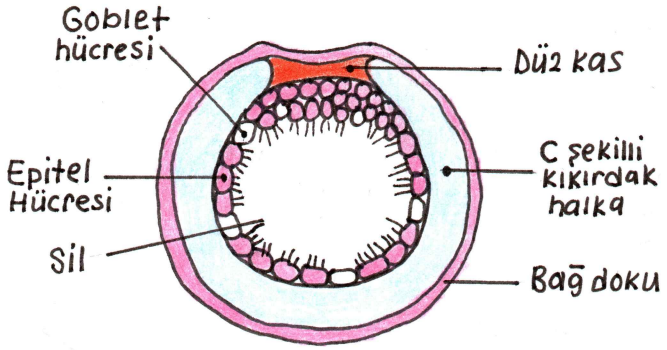
- İnsanda solunum sistemi burun, ağız, yutak, gırtlak, soluk borusu ve akciğerlerde bulunan bronş, bronşçuk ve alveollerden oluşur.

Burun, solunan havayı nemlendirir, ısıtır ve temizler. Burnun iç yüzünü kaplayan epitel doku bol miktarda **mukus** üretir. Mukus solunan havayı nemlendirir ve burun kılları ile birlikte temizler. Burunda bulunan, epitel dokunun altında yer alan kan kılcal damarları ise solunan havayı ısıtır.

Ağız ve burun yoluyla alınan hava önce **yutağa** sonra **gırtlağa** geçer. Gırtlak, yutaktan gelen havayı soluk borusuna iletir. Gırtlağın üst kısmında, ağızdan gelen besinlerin soluk borusuna kaçmasını önleyen **epiglottis** (gırtlak kapağı) bulunur. Epiglottis elastik kıkırdaktan oluşur. Ayrıca **ses telleri** de gırtlakta yer alır.

NOT: Yutağın iltihaplanmasına **farenjit**, gırtlağın iltihaplanmasına ise **larenjit** adı verilir. Eğer bronşlarda iltihap oluşursa buna da **bronşit** denir.

NOT: Akciğerlerde bulunan oksijenin doku hücrelerine, doku hücrelerinde bulunan karbondioksitin akciğerlere taşınmasında solunum sistemi değil, dolaşım sistemi görev alır.



Soluk borusunun enine kesiti

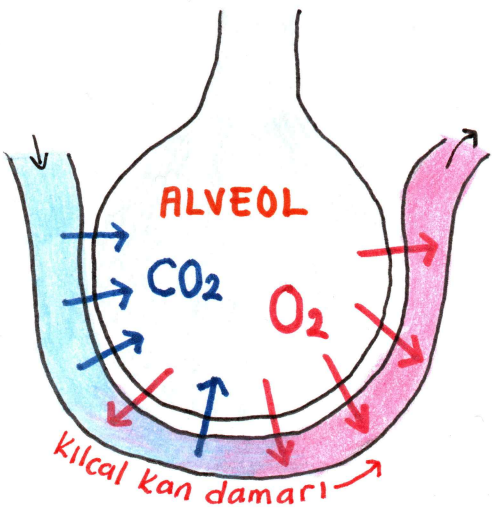
- **Soluk borusu**nun yapısında hiyalin kıkırdaktan oluşan C şekilli kıkırdak halkalar bulunur. Bu kıkırdak halkalar, soluk borusunun birbirine yapışarak kapanmasını önler ve sürekli açık kalmasını sağlar.
- **Soluk borusunun** iç yüzü silli epitel hücreleri ile kaplıdır. Bu epitel hücreleri arasında **mukus** üreten **goblet hücreleri** bulunur. Mukus ve siller, soluk borusuna kaçan toz ve mikrop gibi yabancı maddeleri tutar. Ayrıca siller yukarı doğru tek yönlü salınım hareketi yaparak, bu maddeleri mukusla birlikte soluk borusundan dışarı atar.

NOT: Soluk borusunun kıkırdak içermeyen yüzü, yemek borusuna bakar. Bu sayede yutkunma sırasında yemek borusunun hareketi kısıtlanmamış olur.

- **Soluk borusu**, **bronş** denilen 2 kola ayrılarak akciğerlere giriş yapar. Bronşlar da **bronşçuk (bronşiyol)** isimli daha küçük çok sayıdaki kollara ayrılır.

NOT: **Bronşlarda** tam halkasal kıkırdaklar bulunurken **bronşçuklarda** bulunmaz.

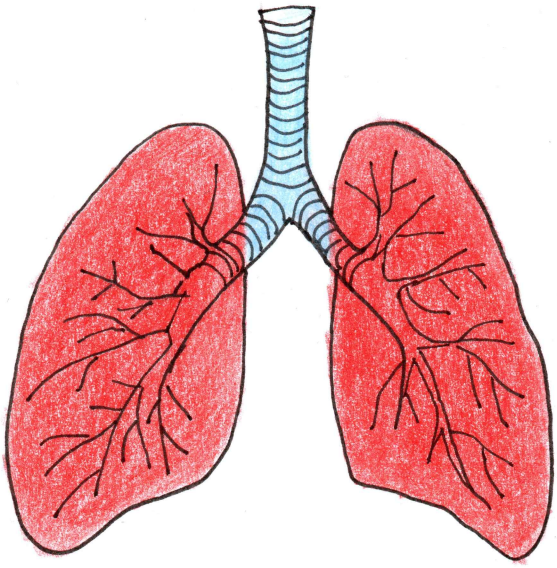
- Bronşçukların uçlarında **alveol** denilen hava keseleri bulunur. Alveollerin etrafı kılcal kan damarları ile sarılmıştır.



- **Alveoller** tek sıra yassı epitel dokudan oluşur. Gaz değişimi, alveoldeki hava ile kılcal kan damarları arasında **difüzyon** ile gerçekleşir.
- **Alveoller** solunum yüzeyinin genişlemesini sağlar.

□ **Alveol**ün yapısında bulunan bazı hücreler, protein ve fosfolipitten oluşan **sürfaktan** maddesini salgılar. **Sürfaktan** alveolun iç yüzeyini kaplar.

1. Sürfaktan alveolün yüzey gerilimini azaltarak esnemesini sağlar. Bu sayede solunum kolaylaşır.
2. Sürfaktan kan kılcal damarlarından alveol içine fazla su geçişini önler. Böylece solunumla fazla su kaybını engeller.
3. Ayrıca alveollerin iç yüzeylerinin birbirine yapışmasını önleyerek alveolün açık kalmasını sağlar.



□ İnsanda sağ akciğer sol akciğerden **daha büyüktür.** Sağ akciğer **3 loblu** iken sol akciğer **2 lobludur.** Bu durumun nedeni kalbin solda yer almasıdır.

□ **Akciğerlerin** etrafını **plevra** (pleura) denilen akciğer zarı sarar. Plevra **2 katlı** olup arasını **plevra sıvısı** doldurur. Bu zar soluk alıp vermeyi kolaylaştırır. Ayrıca akciğerleri çeşitli etkilere karşı korur.

NOT: Bronşların, kan damarları ile sinirlerin akciğere giriş yaptığı yerlerde plevra zarı bulunMAZ.

SOLUK ALIP VERME MEKANİZMASI

SOLUK ALMA

1. Diyafram kasılarak aşağı doğru hareket eder ve düzleşir.
2. Kaburgalar arası kaslar kasılarak kaburga kemikleri öne ve yukarı doğru hareket eder.
3. Göğüs boşluğu genişler. Akciğerlerin hacmi artar ve iç basınçları azalır.
4. Atmosfer hava basıncı > akciğer hava basıncından yüksek olduğundan **hava akciğerlere dolar.**

SOLUK VERME

1. Diyafram gevşeyerek yukarı doğru hareket eder ve kubbeleşir.
2. Kaburgalar Arası kaslar gevşeyerek kaburga kemikleri geri ve aşağı doğru hareket eder.
3. Göğüs boşluğu daralır. Akciğerlerin hacmi azalarak iç basınçları artar.
4. Akciğer hava basıncı > atmosfer hava basıncından yüksek olduğundan **akciğerlerdeki hava dışarı verilir.**

NOT: Hem kasılma hem de geşemede **ATP** enerjisi **kullanılır.**

NOT: Soluk alıp vermeyi **omurilik soğanı** ve **pons** denetler.

NOT: Akciğer **süngerimsi** bir yapı gösterir. Kasılıp geşeme2. Soluk vermede, plevra sıvısının ve akciğerdeki liflerin havayı dışarı itmesine **geri yaylanma basıncı** denir.

NOT: Soluk alma sırasında, havanın akciğerlere çekilerek alınmasına **negatif basınçla soluk alma yöntemi** denir.

SOLUNUM HIZINI ARTIRAN FAKTÖRLER

1. Kandaki CO_2 miktarının artması.
2. Kan **pH** derecesinin normalin altına düşmesi yani **asit**liğin yükselmesi.
3. **Adrenalin**, **Tiroksin** hormonlarının etkisinin artması.
4. **Yükseklere çıkıldıkça** havadaki O_2 yoğunluğunun azalması.

SOLUNUM GAZLARININ TAŞINMASI

- İnsanda solunum pigmenti **hemoglobin**'dir. Hemoglobin, solunum gazları olan O_2 ve CO_2'in taşınmasında görevlidir.

- **Hemoglobin** alyuvarların içinde (sitoplazmasında) bulunur. **Protein** ve **demir** mineralinden oluşan **hemoglobin** kana **kırmızı** renk verir.

- **Hemoglobin** O_2 ve CO_2 ile kararsız bileşik oluşturur. Yani bu gazları **geçici** bağlar. Solunum gazları ile kolayca birleşip ayrılabilen **hemoglobin**, ortamda hangi gaz fazla ise onu bağlar, diğerini bırakır.

- **Hemoglobin**, kanın gaz taşıma kapasitesini arttırır.

1. OKSİJENİN TAŞINMASI

1. Alveollerden → akciğer kılcal damarlarına geçen O_2'nin **%2'si kan plazmasında çözünmüş olarak taşınır.**

2. Kana alınan O_2'nin %98'i alyuvarlardaki hemoglobine bağlanarak taşınır.

$$\text{Hemoglobin (Hb)} + O_2 \underset{\text{Doku kılcalı}}{\overset{\text{Akciğer kılcalı}}{\rightleftharpoons}} \text{Oksihemoglobin } (HbO_2)$$

- Doku kılcallarında **karbondioksitin** artması kan pH derecesini düşürür. Yani asitliğin artmasına neden olur. Düşük pH'da **hemoglobinin** O_2'ye ilgisi azalır ve taşıdığı O_2'yi bırakır. Bu olaya **Bohr kayması (etkisi)** denir.

2. KARBONDİOKSİTİN TAŞINMASI

1. Vücut hücrelerinden → doku kılcal damarlarına geçen CO_2'nin yaklaşık %7'si kan plazmasında çözünmüş olarak taşınır.

2. Kana geçen CO_2'nin yaklaşık %23 alyuvardaki hemoglobine bağlanarak taşınır.

$$\text{Hemoglobin} + CO_2 \underset{\text{Akciğer kılcalı}}{\overset{\text{Doku kılcalı}}{\rightleftharpoons}} \text{Karbominohemoglobin } (HbCO_2)$$

3. CO_2'nin yaklaşık %70'i bikarbonat iyonları (HCO_3^-) şeklinde kan plazmasında taşınır.

$$CO_2 + H_2O \underset{\text{Karbonik anhidraz (enzim)}}{\overset{\text{Karbonik anhidraz}}{\rightleftharpoons}} \underset{\text{(Karbonik) asit}}{H_2CO_3} \underset{\text{Akciğer kılcalı}}{\overset{\text{Doku kılcalı}}{\rightleftharpoons}} H^+ + \underset{\text{(Bikarbonat) iyonu}}{HCO_3^-}$$

- Yukarıdaki tepkimeler alyuvarın içinde gerçekleşir. Tepkimeler sonucu doku kılcalında oluşan HCO_3^- (bikarbonat) iyonları kan plazmasına geçerek akciğer kılcalına kadar taşınır. Akciğer kılcalında HCO_3^- iyonları alyuvar içine geçerek reaksiyonlar tam tersi gerçekleşir ve açığa çıkan CO_2 soluk verme ile atmosfere verilir.
- Tepkime sonucunda açığa çıkan H^+ (hidrojen) iyonları ise alyuvar içinde hemoglobine bağlanarak, akciğer kılcallarına taşınır.

$$Hb + H^+ \underset{\text{Akciğer kılcalı}}{\overset{\text{Doku kılcalı}}{\rightleftharpoons}} HbH^+$$